两种虫酰肼类新化合物对五种鳞翅目害虫的生物活性

崔全敏[1], 王开运[1,*], 汪清民[2], 张文成[1], 林 抦[1]

(1. 山东农业大学植物保护学院,山东泰安 271018; 2. 南开大学元素有机化学国家重点实验室,天津 300071)

摘要:为了比较虫酰肼及其衍生物对鳞翅目5种害虫的毒力,以虫酰肼为对照药剂,分别采用浸叶法、浸虫法和点滴法测定了虫酰肼衍生物0593(Ⅲf)和0673对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner)、斜纹夜蛾 *Prodenia litura* (Fabricius)、小菜蛾 *Plutella xylostella* (Linnaeus)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)和玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)的毒力;通过浸叶法系统研究了虫酰肼和虫酰肼衍生物0593对甜菜夜蛾生长发育的影响。结果表明:0593和0673对甜菜夜蛾4龄幼虫的触杀毒力分别是虫酰肼的11.3倍和7.4倍,对斜纹夜蛾4龄幼虫触杀毒力分别是虫酰肼的30.4倍和24.7倍,对小菜蛾3龄幼虫浸虫处理的毒力分别是虫酰肼的4.7倍和4.5倍,对棉铃虫3龄幼虫的触杀毒力分别是虫酰肼的15.5倍和15.2倍,对玉米螟4龄幼虫的触杀毒力分别是虫酰肼的1.3倍和2.0倍,较虫酰肼的毒力都有很大提高,而0593和0673对5种害虫的毒力差异不显著。用虫酰肼和0593处理甜菜夜蛾2龄幼虫,都能导致存活幼虫陆续死亡;化蛹率和正常蛹数降低;成虫羽化率、单雌产卵量和卵的孵化率显著减少,对后代的繁殖力影响显著;在相同处理浓度下,0593较虫酰肼对甜菜夜蛾后代繁殖力的不利影响更大。因此,0593是较虫酰肼杀虫毒力更高、对生长发育和繁殖力不利影响更大的药剂,开发应用价值很大。

关键词:虫酰肼;虫酰肼衍生物;鳞翅目害虫;毒力;生长发育

中图分类号:Q965.9 **文献标识码**:A **文章编号**:0454-6296(2008)05-0492-06

Bioactivities of two tebufenozide derivatives against five lepidopteran pests

CUI Quan-Min[1], WANG Kai-Yun[1,*], WANG Qing-Min[2], ZHANG Wen-Cheng[1], LIN Jin[1] (1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. State Key Laboratory of Elemento-Organic Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: In order to compare the toxicities of tebufenozide and its derivatives, the toxicities of tebufenozide derivatives 0593 (Ⅲf) and 0673 against five lepidopteran pests, *i.e.*, *Spodoptera exigua* (Hübner), *Prodenia litura* (Fabricius), *Plutella xylostella* (Linnaeus), *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *Ostrinia furnacalis* (Guenée), were investigated with leaf-dip, dipping and topical application compared with the tebufenozide. The effects of tebufenozide and 0593 on growth and development of *S. exigua* were studied with leaf-dip. The results showed that the contact toxicities of 0593 and 0673 to 4th-instar larvae of *S. exigua* were 11.3 and 7.4 times that of tebufenozide, respectively. The contact toxicities of 0593 and 0673 to 4th-instar larvae of *P. litura* were 30.4 and 24.7 times that of tebufenozide, respectively. The toxicities of 0593 and 0673 to 3rd-instar larvae of *P. xylostella* with dipping method were 4.7 and 4.5 times that of tebufenozide, respectively, and the contact toxicities of 0593 and 0673 to 3rd-instar larvae of *H. armigera* were 15.5 and 15.2 times that of tebufenozide, respectively. The contact toxicities of 0593 and 0673 to 4th-instar larvae of *O. furnacalis* were 1.3 and 2.0 times that of tebufenozide, respectively. The toxicities of 0593 and 0673 to the five pests were higher than that of tebufenozide, but the differences of toxicities between 0593 and 0673 were not significant. Treated with tebufenozide and 0593, the 2nd-instar larvae of *S. exigua* died unceasingly after 72 h; the pupation rate and the number of normal pupae were decreased; in addition, adult emergence

---

基金项目:国家'十一五'支撑计划课题(2006BAD08A03)

作者简介:崔全敏,女,1982年生,山东济南人,硕士研究生,主要从事农药毒理学研究,E-mail: quanmin292814@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: kywang@sdau.edu.cn

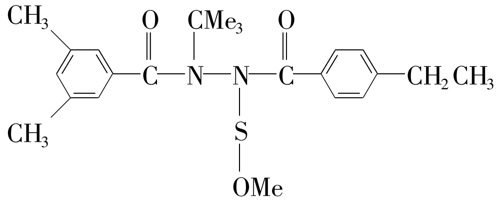
收稿日期 Received: 2007-11-05; 接受日期 Accepted: 2008-01-31

ratio, eggs laid per female and egg hatchability were also reduced significantly, and the fecundity was so affected significantly. Tebufenozide derivative 0593 showed more disadvantageous influence than tebufenozide on the fecundity of *S. exigua* at the same concentration. The results suggest that tebufenozide derivative 0593 is a pesticide with higher bioactivity against lepidopteran larvae and stronger harmful effects on their development and fecundity than tebufenozide, so it is worthy to exploit.

Key words: Tebufenozide; tebufenozide derivatives; lepidopteran pests; toxicity; growth and development

昆虫的生长发育是通过蜕皮过程完成的，在此过程中蜕皮激素起了非常重要的作用（Smsgghe *et al.*，2002）。近年来国内外非常重视蜕皮激素类杀虫剂的开发和应用，目前虫酰肼、甲氧虫酰肼、氯虫酰肼和环虫酰肼已应用于鳞翅目害虫的防治。目前对鳞翅目害虫主要采用化学防治，因大量、高频使用农药，鳞翅目中的棉铃虫、甜菜夜蛾、小菜蛾等对常用药剂都已产生了很高的抗性（王开运等，1997，2001，2002；樊孝贤等，1998；赵锋等，2006）。由于蜕皮激素类杀虫剂对鳞翅目害虫有很高的选择杀虫活性，对非靶标生物安全、环境友好，因而越来越受到人们的重视。

虫酰肼衍生物 0593（Ⅲf）和 0673 是南开大学元素有机化学国家重点实验室创新合成，虫酰肼衍生物 0593 化学结构式如下：



0593

0593 属于 N-烷氧硫基-N′-特丁基-N，N′-双酰肼类，化学式为 N-甲氧硫基-N′-特丁基-N-4-乙基苯甲酰基-N′-3，5-二甲基苯甲酰肼（N-methoxysulfenyl-N′-tert-butyl-N-4-ethylbenzoyl-N′-3，5-dimethylbenzoylhydrazide，Ⅲf），0673 为 0593 的类似物。该类虫酰肼衍生物是在虫酰肼结构的基础上引入了烷氧硫基，结构完全新颖，合成简单，极性降低，熔点下降，分子之间的作用力减少，脂溶性增加，有利于分子穿透昆虫蜡质层，对害虫的触杀毒力提高。Zhao 等（2007）的初步研究已表明，虫酰肼衍生物 0593 对东方粘虫的毒力要高于母体化合物虫酰肼，硫基的取代起主要作用。为明确其对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*（Hübner）、斜纹夜蛾 *Prodenia litura*（Fabricius）、小菜蛾 *Plutella xylostella*（Linnaeus）、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）和亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*（Guenée）等主要鳞翅目害虫的毒力，我们将之与虫酰肼一起进行了毒力比较试验，并研究比较了其对甜菜夜蛾生长发育的影响，以期为我国创新药剂的开发和应用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　试验药剂：92% 虫酰肼（tebufenozide）原粉（山东京博农药有限公司）；20% 虫酰肼悬浮剂（米满，美国罗门哈斯公司）；99.9% 虫酰肼衍生物 0593（Ⅲf）精制原粉（南开大学元素有机化学国家重点实验室）；99.9% 虫酰肼衍生物 0673 精制原粉（南开大学元素有机化学国家重点实验室）；1% 虫酰肼衍生物 0593 乳油（本实验室配制）；1% 虫酰肼衍生物 0673 乳油（本实验室配制）。

1.1.2　试虫：甜菜夜蛾，2006 年 7 月采于泰安郊区范镇葱田，在养虫室内用人工饲料连续饲养。斜纹夜蛾，2004 年由广东省农业科学院果树研究所提供，在养虫室内用人工饲料连续饲养。小菜蛾，2004 年采自广东省广州市天河区甘蓝田，在室内用萝卜苗连续饲养。棉铃虫，2005 年采于泰安郊区棉田，在养虫室内用人工饲料连续饲养。玉米螟，2006 年春采自泰安郊区春玉米田，在养虫室内用人工饲料连续饲养。恒温养虫室条件：温度 25℃ ± 2℃，相对湿度 70% 左右，光周期 12L∶12 D。

1.2　毒力测定方法

1.2.1　浸叶法：将虫酰肼衍生物 0593 原粉和 0673 原粉分别用丙酮和吐温 80 乳化剂配成 1% 乳油，然后将药剂分别用水稀释成 4～5 个系列浓度，虫酰肼悬浮剂（米满）用水直接稀释；采新鲜甘蓝叶片，用清水洗去表面尘土并自然晾干，用剪刀剪成大小合适的叶碟。将叶碟在稀释药液中浸渍 3～5 s，自然晾干表面水分。一片叶碟放入一个 80 cm^3 养虫盒内，每盒接入发育一致的幼虫 5 头，每 20 头为一重复，重复 3 次，以清水处理为对照，每个浓度 60 头试虫。处理后 72 h 检查结果，记录死、活虫数，计算死亡率，采用 Abbott 公式计算校正死亡率，并按机率值分析法用 POLO 数据处理系统计算毒力回归线及

LC_{50} 或 LD_{50} 值。

1.2.2 浸虫法：药剂配制同上。将适龄试虫放于浸虫器内于药液中浸渍 3 ~ 5 s，放入加有人工饲料的十孔养虫盒内放于恒温养虫室中饲养。设 3 个重复，每个重复 20 头，以清水处理为对照，每个浓度 60 头试虫。处理后 72 h 检查死、活虫数，计算死亡率、校正死亡率。数据处理同 1.2.1。

1.2.3 微量点滴法：采用 FAO 推荐微量点滴法，用丙酮将原药稀释成 4 ~ 5 个系列浓度，选取发育一致的试虫用 Robbins Scientific 微量点滴器将药液点滴到幼虫的胸部背板，3 龄幼虫每头 0.5 μL，4 龄幼虫每头 1.0 μL，设 3 个重复，每个重复 10 头，每个浓度 0 头试虫。处理后 72 h 检查死、活虫数，计算死亡率、校正死亡率。数据处理同 1.2.1。

1.3 生长发育测定方法

选取甜菜夜蛾整齐一致的 2 龄第 2 天幼虫为试虫，用虫酰肼及虫酰肼 0593 低剂量分别浸叶法处理，每个浓度设置 3 个重复，每个重复接入 150 头试虫，以清水浸叶为对照，72 h 记录死亡虫数，计算死亡率及校正死亡率。72 h 存活的试虫接入人工饲料单头饲养，化蛹结束后检查化蛹情况，计算累计死亡率、化蛹率和畸形蛹率。待蛹羽化和成虫产卵后，记录成虫羽化数、产卵量和卵孵化幼虫数，计算成虫羽化率、单雌产卵量和卵孵化率。

2 结果与分析

2.1 虫酰肼衍生物对甜菜夜蛾幼虫的毒力

虫酰肼衍生物 0593 和 0673 对甜菜夜蛾 2 龄幼虫浸叶法处理的 LC_{50} 值分别为 6.515 μg/mL 和 8.944 μg/mL，与对照药剂虫酰肼（LC_{50} = 14.418 μg/mL）相比，毒力提高较大。虫酰肼衍生物 0593 和 0673 的毒力分别是虫酰肼的 2.2 倍和 1.6 倍，两种虫酰肼衍生物的毒力差异不显著；对甜菜夜蛾 4 龄幼虫触杀 LD_{50} 分别为 5.477 μg/g 和 8.370 μg/g，对照药剂虫酰肼的 LD_{50} 为 61.663 μg/g，虫酰肼衍生物 0593 和 0673 的触杀毒力分别是虫酰肼的 11.3 倍和 7.4 倍，两种虫酰肼衍生物较虫酰肼的触杀毒力提高也很大，两者毒力差异也不显著。说明两种虫酰肼衍生物的脂溶性提高后，对甜菜夜蛾幼虫的触杀毒力显著提高。以甜菜夜蛾 4 龄幼虫为试虫，以微量点滴法测定触杀毒力，药剂间的毒力差异更大，所以采用点滴法研究虫酰肼衍生物结构与毒力的关系更为适合（表 1）。

表 1 虫酰肼衍生物对甜菜夜蛾 2、4 龄幼虫毒力

Table 1 Comparison of bioactivity of tebufenozide and its derivatives to *Spodoptera exigua* 2nd-instar and 4th-instar larvae

龄期和处理方法 Instars and treatment methods	药剂 Pesticides	斜率 Slope (± *SE*)	LC_{50} (2nd-instar) (μg/mL) / LD_{50} (4th-instar) (μg/g) (95%置信区间)(95% FL)	毒力倍数 Toxicity ratio
2 龄 2nd-instar	虫酰肼悬浮剂 Tebufenozide SC	1.526 ± 0.395	14.418 a (5.766 ~ 21.698)	1.0
（浸叶）(Leaf-dip)	虫酰肼衍生物 0593 乳油 Derivative of tebufenozide 0593 EC	2.298 ± 0.408	6.515 b (4.955 ~ 8.447)	2.2
	虫酰肼衍生物 0673 乳油 Derivative of tebufenozide 0673 EC	2.038 ± 0.395	8.944 ab (6.758 ~ 12.505)	1.6
4 龄 4th-instar	虫酰肼 Tebufenozide	1.095 ± 0.358	61.663 a (37.841 ~ 193.66)	1.0
（点滴）(Topical application)	虫酰肼衍生物 0593 Derivative of tebufenozide 0593	1.161 ± 0.356	5.477 b (3.315 ~ 10.838)	11.3
	虫酰肼衍生物 0673 Derivative of tebufenozide 0673	2.885 ± 0.386	8.370 b (6.807 ~ 10.399)	7.4

表中数据经 Duncan 新复极差检验，同列数据后不同字母表示在 0.05 水平差异显著；下同。Data in the table were tested by Duncan 's test, and those in the same row followed by different letters show significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 虫酰肼衍生物对斜纹夜蛾幼虫的毒力

虫酰肼衍生物 0593 和 0673 对斜纹夜蛾 3 龄幼虫浸叶法处理的 LC_{50} 值分别为 18.423 μg/mL 和 17.098 μg/mL，与对照药剂虫酰肼（LC_{50} = 53.534 μg/mL）相比，0593 和 0673 的毒力分别是虫酰肼的 2.9 倍和 3.1 倍，两种虫酰肼衍生物较虫酰肼的毒力提高较大，两者之间的毒力差异不显著；对斜纹夜蛾 4 龄幼虫触杀 LD_{50} 分别为 47.981 μg/g 和 58.962 μg/g，对照药剂虫酰肼的 LD_{50} 为 1 456.9 μg/g，0593 和 0673 的触杀毒力分别是虫酰肼的 30.4 倍和 24.7 倍，两

种虫酰肼衍生物较虫酰肼的触杀毒力提高很大，0593 与 0673 的触杀毒力差异也不显著。说明两种虫酰肼衍生物的脂溶性提高后，可显著提高对斜纹夜蛾幼虫的触杀毒力（表 2）。

表 2　虫酰肼衍生物对斜纹夜蛾 3、4 龄幼虫的毒力

Table 2　Comparison of bioactivity of tebufenozide and its derivatives to *Prodenia litura* 3rd-instar and 4th-instar larvae

龄期和测定方法 Instars and treatment methods	药剂 Pesticides	斜率 Slope (± *SE*)	LC_{50} (3rd-instar) (μg/mL)/ LD_{50} (4th-instar) (μg/g) (95%置信区间) (95% FL)	毒力倍数 Toxicity ratio
3 龄 3rd-instar	虫酰肼悬浮剂 Tebufenozide SC	2.969 ± 0.309	53.534 a (45.695 ~ 61.887)	1.0
(浸叶) (Leaf-dip)	虫酰肼衍生物 0593 乳油 Derivative of tebufenozide 0593 EC	2.533 ± 0.248	18.423 b (15.613 ~ 21.558)	2.9
	虫酰肼衍生物 0673 乳油 Derivative of tebufenozide 0673 EC	2.497 ± 0.248	17.098 b (14.417 ~ 20.049)	3.1
4 龄 4th-instar	虫酰肼 Tebufenozide	1.213 ± 0.280	1 457.6 a (912.04 ~ 3 742.0)	1.0
(点滴) (Topical application)	虫酰肼衍生物 0593 Derivative of tebufenozide 0593	2.151 ± 0.314	47.981 b (36.642 ~ 61.714)	30.4
	虫酰肼衍生物 0673 Derivative of tebufenozide 0673	2.112 ± 0.309	58.962 b (45.396 ~ 76.583)	24.7

2.3　虫酰肼衍生物对小菜蛾幼虫的毒力

虫酰肼衍生物 0593 和 0673 对小菜蛾 3 龄幼虫浸虫处理的 LC_{50} 值分别为 123.61 μg/mL 和 129.43 μg/mL，与对照药剂虫酰肼（LC_{50} = 585.63 μg/mL）相比，0593 和 0673 的毒力分别是虫酰肼的 4.7 倍和 4.5 倍，对小菜蛾的毒力较目前广泛使用虫酰肼的杀虫毒力有很大提高，两种虫酰肼衍生物的毒力差异不显著（表 3）。

表 3　虫酰肼衍生物对小菜蛾 3 龄幼虫的毒力

Table 3　Comparison of bioactivity of tebufenozide and its derivatives to *Plutella xylostella* 3rd-instar larvae

药剂 Pesticides	斜率 Slope (± *SE*)	LC_{50} (μg/m L) (95%置信区间) (95% FL)	毒力倍数 Toxicity ratio
虫酰肼悬浮剂 Tebufenozide SC	1.548 ± 0.217	585.63 a (443.23 ~ 876.45)	1.0
虫酰肼衍生物 0593 乳油 Derivative of tebufenozide 0593 EC	1.846 ± 0.230	123.61 b (98.764 ~ 165.93)	4.7
虫酰肼衍生物 0673 乳油 Derivative of tebufenozide 0673 EC	1.795 ± 0.229	129.43 b (102.45 ~ 177.05)	4.5

2.4　虫酰肼衍生物对棉铃虫幼虫的毒力

虫酰肼衍生物 0593 和 0673 对棉铃虫 3 龄幼虫点滴处理的 LD_{50} 值分别为 147.04 μg/g 和 149.27 μg/g，与对照药剂虫酰肼（LD_{50} = 2272.7 μg/g）相比，0593 和 0673 的毒力分别是虫酰肼的 15.5 倍和 15.2 倍，两种虫酰肼衍生物较虫酰肼的触杀毒力提高很大，0593 和 0673 的触杀毒力差异不显著（表 4）。

表 4　虫酰肼衍生物对棉铃虫 3 龄幼虫毒力

Table 4　Comparison of bioactivity of tebufenozide and its derivatives to *Helicoverpa armigera* 3rd-instar larvae

药剂 Pesticide	斜率 Slope (± SE)	LD_{50} (μg/g) (95%置信区间) (95% FL)	毒力倍数 Toxicity ratio
虫酰肼 Tebufenozide	1.777 ± 0.290	2 272.7 a (1 699.7 ~ 3 177.6)	1.0
虫酰肼衍生物 0593 Derivative of tebufenozide 0593	3.946 ± 0.556	147.04 b (123.02 ~ 175.25)	15.5
虫酰肼衍生物 0673 Derivative of tebufenozide 0673	1.557 ± 0.278	149.27 b (101.02 ~ 206.38)	15.2

2.5 虫酰肼衍生物对玉米螟幼虫的毒力

虫酰肼衍生物 0593 和 0673 对玉米螟 4 龄幼虫的触杀 LD_{50} 值分别为 45.528 μg/g 和 30.199 μg/g，与对照药剂虫酰肼（LD_{50} = 59.192 μg/g）相比，0593 和 0673 的毒力分别是虫酰肼的 1.3 倍和 2.0 倍，两种虫酰肼衍生物较虫酰肼的触杀毒力有所提高，虫酰肼和 0593 的触杀毒力之间差异不显著，0593 和 0673 的触杀毒力差异也不显著，虫酰肼和 0673 的触杀毒力差异显著（表 5）。

表 5 虫酰肼衍生物对玉米螟 4 龄幼虫的毒力

Table 5 Comparison of bioactivity of tebufenozide and its derivatives to *Ostrinia furnacalis* 4th-instar larvae

药剂 Pesticide	斜率 Slope (± *SE*)	LD_{50} (μg/g) (95%置信区间) (95% FL)	毒力倍数 Toxicity ratio
虫酰肼 Tebufenozide	1.062 ± 0.313	59.192 a (37.697 ~ 132.60)	1.0
虫酰肼衍生物 0593 Derivative of tebufenozide 0593	2.112 ± 0.305	45.528 ab (35.043 ~ 60.665)	1.3
虫酰肼衍生物 0673 Derivative of tebufenozide 0673	2.032 ± 0.331	30.199 b (22.917 ~ 39.080)	2.0

2.6 虫酰肼衍生物对甜菜夜蛾生长发育的影响

以虫酰肼 0.5 mg/L、虫酰肼衍生物 0593 0.5 mg/L 和 0593 0.2 mg/L 的浓度进行浸叶法处理，对 2 龄幼虫处理后 72 h 的校正死亡率分别为 17.4%、21.4%和 1.02%，杀虫率较低。但是，存活的试虫换用人工饲料单头饲养后，幼虫还在陆续死亡，3 个处理化蛹前的累计死亡率分别达 55.0%、86.0%和 44.0%，其中虫酰肼衍生物 0593 0.5 mg/L 的累计死亡率最高，表明该药剂较虫酰肼对幼虫的后效应更强；对照的累计死亡率仅为 20.0%。虫酰肼 0.5 mg/L、0593 0.5 mg/L 和 0593 0.2 mg/L 3 个处理存活幼虫的化蛹率较对照也有很显著的降低，其中 0593 0.5 mg/L 的化蛹率仅有 14.0%。药剂处理对化蛹影响明显，3 个处理畸形蛹率较对照增加了 2.44%、24.37%和 1.13%，也以 0593 0.5 mg/L 的畸形蛹率最高。各处理的正常蛹进行成虫羽化观察，3 个药剂处理的成虫羽化率较对照也显著降低。3 个药剂处理的雌成虫产卵量较对照显著减少，卵的孵化率也显著降低（表 6）。

表 6 虫酰肼衍生物对甜菜夜蛾生长发育的影响

Table 6 Effects of tebufenozide and its derivatives on growth and development of *Spodoptera exigua*

药剂 Pesticide	死亡率 Mortality (72 h) (%)	校正死亡率 Corrected mortality (72 h) (%)	累积死亡率 Cumulative mortality (%)	化蛹率 Pupation ratio (%)	畸形蛹率 Abnormal pupa ratio (%)	蛹重 Pupa weight (g)	羽化率 Emergence ratio (%)	产卵量 Eggs laid per female (/♀)	孵化率 Egg hatchability (%)
对照 CK	2 b	–	20.0 c	80.0 a	4.23 b	♀ 0.0956 a ♂ 0.0912 a	86.0 a	455.11 a	86.4 a
虫酰肼 Tebufenozide (0.5 mg/L)	19 a	17. 4 a	55.0 b	45.0 bc	6.67 b	♀ 0.0928 a ♂ 0.0909 a	61.1 bc	301.00 b	70.6 b
虫酰肼 0593 Derivative of tebufenozide 0593 (0.5 mg/L)	23 a	21.4 a	86.0 a	14.0 c	28.6 a	♀ 0.0901 a ♂ 0.0892 a	46.4 c	259.43 b	59.1 b
虫酰肼 0593 Derivative of tebufenozide 0593 (0.2 mg/L)	3 b	1.02 b	44.0 bc	56.0 ab	5.36 b	♀ 0.0953 a ♂ 0.0935 a	66.7 ab	290.89 b	72.0 b

虫酰肼及其衍生物 0593 处理甜菜夜蛾 2 龄幼虫，都能导致存活幼虫陆续死亡，化蛹率和正常蛹数降低，成虫羽化率、单雌产卵量和卵的孵化率显著减少，对后代的繁殖力有巨大影响。在相同处理浓度下，虫酰肼衍生物 0593 较虫酰肼对甜菜夜蛾后代繁殖力的不利影响更大。

3 讨论

虫酰肼及其衍生物是蜕皮激素类似物，属于昆虫生长调节剂类，是模拟昆虫体内蜕皮激素开发的仿生杀虫剂。此类药剂作用于昆虫特有的蜕皮过

程，与传统药剂相比具有很高的选择性，对哺乳动物及非靶标生物十分安全，而且对环境无污染，属环境友好型农药。虫酰肼及其衍生物对鳞翅目害虫有很高的选择毒性，对于目前农业生产中防治难度较大的鳞翅目害虫是高效的防治药剂。通过对甜菜夜蛾生长发育的研究发现，该类药剂对害虫的影响持久，对种群数量影响大，这与王贻莲等在虫酰肼方面的研究结果一致（王贻莲等，2006）。由于该类药剂作用机理独特，与传统药剂间无交互抗性，不仅可延缓害虫对其他药剂抗性的产生，因其有很强的后效性，对害虫的持续控制时间长，也对害虫的抗性综合治理有重要意义。

我国农药开发目前仍以仿制为主，创新品种较少。蜕皮激素类似物类药剂在国外已经开发出许多品种。1988 年美国罗门哈斯公司在对大量天然或人工合成化合物进行筛选的基础上，开发出第一个与天然蜕皮激素结构不同、却同样具有蜕皮激素活性的双酰肼类昆虫生长调节剂 RH-5849（抑食肼）（张一宾，1993），而后又相继开发出 RH-5992（虫酰肼）、RH-2485（甲氧虫酰肼）和 RH-0345（氯虫酰肼）；日本化药（Nippon Kayaku Co.）和三共（Sankyo Co. Ltd）合作于 1999 年推出 ANS-118（环虫酰肼）（聂开晟等，2001）；我国江苏省农药研究所有限公司张湘宁等合成了具有双酰肼结构的新化合物 JS118（呋喃虫酰肼）（张湘宁等，2003）。南开大学元素有机化学国家重点实验室创制了新药剂虫酰肼衍生物 0593 和 0673，并在本实验室对其进行了毒力及其致毒效应研究。本研究证明，虫酰肼衍生物 0593 和 0673 对小菜蛾、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、棉铃虫和玉米螟的毒力均大于虫酰肼，是防治鳞翅目害虫的具有很大开发价值的新型杀虫剂。由生物测定结果看出，采用浸虫、浸叶法测定，在甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和小菜蛾 3 种试虫上，0593 和 0673 的毒力较虫酰肼提高 1.6～4.7 倍；而采用点滴法测定，在甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和棉铃虫 3 种试虫上，0593 和 0673 的毒力较虫酰肼提高 7.4～30.4 倍。但是，虫酰肼及其衍生物 3 种药剂对玉米螟的毒力差异较小。这说明虫酰肼衍生物的脂溶性的大小对毒力的影响，不仅与处理方法有关，而且和试虫种类有重要关系。虫酰肼衍生物 0593 和虫酰肼对鳞翅目害虫作用机理的异同正在进一步研究中。

参考文献（References）

Fan XX，Wan P，Huang MS，Wang RQ，Xu LF，1998. Resistance monitoring of cotton bollworm to several insecticides. *Plant Protection of Hubei*,(2)：5－6.［樊孝贤，万鹏，黄明松，王瑞琪，许凌风，1998. 棉铃虫对几种杀虫剂的抗性检测. 湖北植保，(2)：5－6］

Nie KC，Hou CQ，Liu CL，2001. Novel insect growth regulators－chromafenozi. *Pesticides*，40(2)：42.［聂开晟，侯春青，刘长令，2001. 新型昆虫生长调节剂—环虫酰肼. 农药，40(2)：42］

Smsgghe G，Dhadialla TS，Lezzi M，2002. Comparative toxicity and ecdysone receptor affinity of nonsteroidal ecdysone agonists and 20-hydroxyecdysone in *Chironomus tentans*. *J. Insect Biochem. Mol. Biol.*，32：187－192.

Wang KY，Jiang XY，Yi MQ，Chen BK，2001. Studies on resistance change and management strategy of *Spodoptera exigua*. *Pesticides*，40(6)：29－32.［王开运，姜兴印，仪美芹，陈丙坤，2001. 甜菜夜蛾的抗药性变化及治理对策的研究. 农药，40(6)：29－32］

Wang KY，Jiang XY，Yi MQ，Chen BK，2002. Insecticide resistance and its mechanism of *Podoptera exigua*. *Acta Phytophy. Sin.*，29(3)：229－234.［王开运，姜兴印，仪美芹，陈丙坤，夏晓明，2002. 甜菜夜蛾抗药性及其机理. 植物保护学报,29(3)：229－234］

Wang KY，Mu LY，Liu F，Yi MQ，Mu W，1997. Selection of resistance of cotton bollworm to fenvalerate and other insecticides and its biochemical mechanism. *Acta Entomol. Sin.*，40(1)：23－31.［王开运，慕立义，刘峰，仪美芹，慕卫，1997. 棉铃虫对氰戊菊酯等杀虫剂抗性的选育及其生化机理. 昆虫学报,40(1)：23－31］

Wang YL，Si SY，Wang ZX，Wang Y，Zhou LL，2006. Influence of tebufenozide on progeny population of *Spodoptera exigua*. *Acta Phytophy. Sin.*，33(2)：193－196.［王贻莲，司升云，汪钟信，望勇，周利琳，2006. 虫酰肼对甜菜夜蛾子代种群的影响. 植物保护学报，33(2)：193－196］

Zhang XN，Li YF，Ni YP，Zhu LM，Hu JB，Jiang MG，2003. Study of synthesis and bioactivity of new diacylhydrazines IGRs JS118. *Pesticides*，42(12)：18－20.［张湘宁，李玉峰，倪珏萍，朱丽梅，胡嘉斌，蒋木庚，2003. 创新双酰肼类昆虫生长调节剂 JS118 的合成和生物活性. 农药，42 (12)：18－20］

Zhang YB，1993. New insect growth regulators with insect hormone activities. *World Pesticide*，15(2)：24.［张一宾，1993. 具有昆虫激素活性的新的昆虫生长调节剂. 世界农药，15(2)：24］

Zhao F，Wang M，Li JH，2006. Resistance of *Plutella xylostella* (Linnaeus) to nine insecticides. *Entomol. Knowl.*，43(5)：640－643.［赵锋，王沫，李建洪，2006. 小菜蛾对九种杀虫剂的抗药性. 昆虫知识,43(5)：640－643］

Zhao QQ，Shang J，Liu YX，Wang KY，Bi FC，Huang RQ，Wang QM，2007. Synthesis and insecticidal activities of novel N-sulfenyl-N′-tert-butyl-N，N′-diacylhydrazines. 1. *N*-Alkoxysulfenate derivatives. *J. Agric. Food Chem.*，55(23)：9 614－9 619.

（责任编辑：赵利辉）